

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3830815 A1**

⑤ Int. Cl. 5:
G01N 3/42

⑳ Aktenzeichen: P 38 30 815.0
㉔ Anmeldetag: 9. 9. 88
㉕ Offenlegungstag: 22. 3. 90

DE 3830815 A1

⑦1 Anmelder:

Amsler Otto Wolpert-Werke GmbH, 6700
Ludwigshafen, DE

⑦4 Vertreter:

Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys.
Dr.; Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B.,
Dipl.-Chem.; Liska, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Prechtel,
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000
München

⑦2 Erfinder:

Antrag auf Nichtnennung

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Härteprüfung

Bei einem Verfahren zur Prüfung der Härte eines Prüfkörpers, wobei man einen harten Sondenkopf vorgegebener Form mit einer innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs mit einer Soll-Prüfkraft übereinstimmenden ersten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt und die sich ergebende Eindruckfläche ermittelt, wird vorgeschlagen, daß man den Sondenkopf zuerst mit einer kleinen zweiten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt, die kleiner als die halbe Breite des Toleranzbereichs der Soll-Prüfkraft ist, daß man anschließend den Sondenkopf mit der ersten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt und die sich aufgrund der ersten Prüfkraft ergebende Eindringtiefe mißt, wobei man für diese Messung die unter der zweiten Prüfkraft vom Sondenkopf erreichte Eindringtiefe in den Prüfkörper als Eindringtiefen-Nullpunkt festlegt.

DE 3830815 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prüfung der Härte eines Prüfkörpers, wobei man einen harten Sondenkopf vorgegebener Form mit einer innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs mit einer Soll-Prüfkraft übereinstimmenden ersten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt und die sich ergebende Eindringtiefe ermittelt.

Hierbei können die Proben aus Metall, Kunststoff, Gummi, Keramik oder dergl. bestehen. Der Sondenkopf kann beispielsweise die Form einer "Vickers-Pyramide" haben (Pyramide mit einem Flächenwinkel von 136°) oder die einer Prüfkugel. Die technische Definition des Begriffs "Härte" ist der Widerstand eines Materials gegen das Eindringen eines Körpers aus einem härteren Material. Die Härte ist so verstanden eine Maßzahl für die Verformung, die ein bestimmter Sondenkopf am Prüfkörper erzeugt. Die Verformung besteht aus einem plastischen und einem elastischen Anteil. Der plastische Anteil ist derjenige, der mit den herkömmlichen Verfahren nach Brinell, Rockwell und Vickers bestimmt wird, unter Vernachlässigung des elastischen Anteils. Dies hat im wesentlichen historische Gründe, da zur Zeit der Einführung dieser Verfahren die damals bekannten Meßmethoden keine andere Auswertung zugelassen haben. Auch werden diese Verfahren überwiegend für Metalle eingesetzt, bei denen der plastische Anteil bei den entsprechenden Messungen ausreichend groß ist. Die Messung erfolgt hier dadurch, daß nach Herstellen des Eindrucks der Sondenkopf abgehoben und die Eindruckoberfläche vermessen wird. Bei Materialien mit hohem elastischem Verformungsanteil wird mangels eines brauchbaren bleibenden Eindrucks nach der Entlastung seit jeher schon mit einer Härtemessung unter Prüfkraft gearbeitet. Es wird die Eindringtiefe des Sondenkopfes unter der Prüfkraft gemessen, die dann auf Grund der vorgegebenen Sondenkopfform umgerechnet werden kann in Eindruck-Oberfläche. Zur Eindringtiefenmessung wird ein entsprechend genau messendes Tiefenmeßgerät eingesetzt, wobei die Problematik in der Definition des Nullpunkts, d. h. des Beginns der Tiefenmessung liegt. Dieses Problem wird von bekannten Geräten entweder auf die Weise gelöst, daß zunächst eine relativ hohe Vorlast von bis zu 20% der Soll-Prüfkraft aufgebracht wird und nach Aufbringen der Prüfkraft der Nullpunkt über Extrapolation mathematisch ermittelt wird. Bei einer anderen bekannten Ausführungsform wird die Prüflast gemäß einer quadratischen Funktion stufenweise aufgebracht und anschließend der Nullpunkt ebenfalls mit Hilfe einer Extrapolationsrechnung ermittelt. Bei der Extrapolationsrechnung wird zwangsläufig unterstellt, daß das Verformungsverhalten des Prüfkörpers unterhalb der kleinsten Vorprüfkraft bis zum Nullpunkt das gleiche ist wie im gemessenen Bereich zwischen Vorprüfkraft und Soll-Prüfkraft. Es wird also bis zur Oberfläche homogenes Prüfkörper-Material vorausgesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches eine unmittelbare Eindringtiefenmessung ohne Extrapolationsrechnung bei der Härtebestimmung erlaubt.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß man den Sondenkopf zuerst mit einer kleinen zweiten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt, die kleiner als die halbe Breite des Toleranzbereichs der Soll-Prüfkraft ist, daß man anschließend den Sondenkopf mit der ersten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt und die sich auf-

grund der ersten Prüfkraft ergebende Eindringtiefe mißt, wobei man für diese Messung die unter der zweiten Prüfkraft vom Sondenkopf erreichte Eindringtiefe in den Prüfkörper als Eindringtiefen-Nullpunkt festlegt.

Die erfindungsgemäße zweite Prüfkraft ist also wesentlich geringer als die erste Prüfkraft. Sie liegt innerhalb des Toleranzbereichs der Soll-Prüfkraft, so daß die sich ergebende Differenz von erster und zweiter Prüfkraft weiterhin mit der Soll-Prüfkraft identifiziert werden kann. Die gemessene Eindringtiefe des Sondenkopfes als Tiefenabstand zwischen den beiden Positionen des Sondenkopfes unter Belastung mit der ersten bzw. zweiten Prüfkraft ist daher unmittelbar das gewünschte Eindringtiefen-Meßergebnis, welches, ggf. nach Umrechnung in Eindruckoberflächenwerte, zur Bildung des Quotienten aus Soll-Prüfkraft und Eindruck-Dimension verwendet werden kann.

Bevorzugt beträgt die kleine zweite Prüfkraft maximal 80% der halben Breite des Toleranzbereichs; bei einem normgemäßen Toleranzbereich von $\pm 1\%$ der Soll-Prüfkraft beträgt dann die kleine zweite Prüfkraft maximal 0,8% der Soll-Prüfkraft. Übliche Prüfkraften sind: 10 N, 20 N, 30 N, 50 N, 100 N, 200 N, 300 N, 500 N, 1000 N.

Es hat sich herausgestellt, daß es in vielen Fällen nicht unbedingt erforderlich ist, eine genau definierte zweite Prüfkraft für eine bestimmte Meßdauer anzulegen und erst anschließend die Soll-Prüfkraft aufzubringen. Es genügt in diesen Fällen, daß man die mit der ersten Prüfkraft belastete Sonde mittels einer abgebremsten Absenkeinrichtung auf den Prüfkörper absenkt, daß man den Zeitverlauf der Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde ermittelt und dabei den Zeitpunkt (1. Zeitpunkt) abrupter Bewegungsgeschwindigkeitsänderung beim Auftreffen des Sondenkopfes auf den Prüfkörper feststellt, und daß man für die Messung der Eindringtiefe als Eindringtiefen-Nullpunkt diejenige Position des Sondenkopfes festlegt, die dieser zum ersten Zeitpunkt einnimmt. Kontrollmessungen bestätigten, daß die dem ersten Zeitpunkt zugeordnete Eindringtiefe in dem durch gesondertes Anlegen der kleinen zweiten Prüfkraft ermittelten Eindringtiefen-Nullpunkt im Rahmen der Toleranzen entspricht.

Dies gilt auch für eine alternative Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß man bei Einsatz eines zwischen einer Anhebe- und einer Absenkposition mit Auflage auf dem Prüfkörper beweglichen Sondenhalters, im welchem die Sonde beweglich gelagert ist, und welche mit einer Meßeinrichtung zur Messung der Relativbewegung zwischen Sondenhalter und Sonde ausgebildet ist, die Sonde bei abgehobenem Sondenhalter mit der kleinen zweiten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt, dann den Sondenhalter in dessen Absenkposition bewegt mit anschließender Belastung der Sonde mit der ersten Prüfkraft, daß man den Zeitverlauf der Relativbewegungsrichtung ermittelt und dabei den Zeitpunkt (2. Zeitpunkt) der Bewegungsrichtungsumkehr beim Aufbringen der ersten Prüfkraft feststellt, und daß man für die Eindringtiefenmessung als Eindringtiefen-Nullpunkt diejenige Position des Sondenkopfes festlegt, die dieser zum zweiten Zeitpunkt einnimmt.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Prüfung der Härte eines Prüfkörpers mit einer Sonde mit hartem Sondenkopf vorgegebener Form, einer Belastungseinrichtung zum Aufbringen einer innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs mit einer Soll-Prüf-

kraft übereinstimmenden ersten Prüfkraft auf die Sonde und mit einer Meßeinrichtung für die Eindringtiefe des belasteten Sondenkopfes in den Prüfkörper, insbesondere zur Durchführung des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Belastungseinrichtung zum Aufbringen einer zweiten kleinen Prüfkraft auf die Sonde ausgebildet ist, die kleiner ist als die halbe Breite des Toleranzbereichs der ersten Prüfkraft.

In den übrigen Unteransprüchen sind noch vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden an bevorzugten Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 einen vertikalen Schnitt einer Härteprüfvorrichtung im Bereich von Sonde und Sondenhalter bei angehobenem Sondenhalter;

Fig. 2 eine Schnittansicht entsprechend **Fig. 1** bei abgesenktem Sondenhalter;

Fig. 3 ein Verschiebungsweg-Zeitdiagramm beim Betrieb der Anordnung gemäß **Fig. 1** und **2**;

Fig. 4 ein Geschwindigkeits-Zeitdiagramm einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung und

Fig. 5 ein dem Diagramm gemäß **Fig. 4** zugeordnetes Verschiebungsweg-Zeitdiagramm.

In den **Fig. 1** und **2** ist der zu untersuchende Prüfkörper mit **10** bezeichnet. Er liegt auf einem nicht dargestellten Untergrund auf. Eine stangenartige Sonde **12** mit hartem Sondenkopf **14** vorgegebener Form (z. B. Vicker-Pyramide), ist innerhalb eines hülsenförmigen Sondenhalters **16** in Vertikalrichtung verschiebbar gelagert. Der Sondenhalter (auch Meßkappe genannt) ist ebenfalls in Vertikalrichtung an einem nicht dargestellten Vorrichtungsgehäuse beweglich gelagert. Ein Wegmeßsystem **18** bekannter Ausführungsart ist im Inneren des Sondenhalters **16** angeordnet und umgreift die Sonde **12**, um deren Verschiebungsweg s relativ zum Sondenhalter **16** zu messen. Die Messung kann induktiv erfolgen oder mittels optischer Abtastung oder dergl.

Die Sonde **12** kann in nicht näher dargestellter Weise belastet werden — in **Fig. 1** ist ein hohler Pfeil F_2 angedeutet, um eine kleine zweite Prüfkraft zu symbolisieren. Entsprechend symbolisiert ein ausgefüllter ebenfalls nach unten gerichteter Pfeil F_1 in **Fig. 2** eine auf die Sonde **12** ausgeübte erste Prüfkraft, die der nach der jeweiligen Norm für die entsprechende Messung bestimmten Soll-Prüfkraft entspricht.

Ausgangspunkt der Messung ist **Fig. 1**; der Sondenkopf **14** drückt also unter der kleinen zweiten Prüfkraft F_2 auf den Prüfkörper **10**. Die zweite Prüfkraft F_2 beträgt maximal 0,8% der Soll-Prüfkraft und ist somit kleiner als die halbe Breite des normgemäßen Toleranzbereiches $\pm 1\%$ der Soll-Prüfkraft. Anschließend wird der Sondenhalter **16** abgesenkt (Pfeil **A** in **Fig. 1**), wobei im allgemeinen eine Reibungsbremse für angenähert konstante Absenkgeschwindigkeit des Sondenhalters **16** sorgt. Dies drückt sich in **Fig. 3** durch einen geraden, schräg nach unten verlaufenden Abschnitt **20** der mittels des Wegmeßsystems **18** ermittelten Meßkurve **22** aus. Diese Meßkurve zeigt den Zeitablauf des Verschiebungswegs s der Sonde **12** relativ zum Sondenhalter **16**.

Bei einem Verschiebungsweg s_0 trifft der Sondenhalter **16** auf den Prüfkörper **10**. Wird dann erst nach Ablauf eines Zeitintervalls δt die erste Prüfkraft F_1 auf die Sonde **12** angewandt, so erhält man nach einem dementsprechend kurzen horizontalen Kurvenabschnitt **24** einen Kurvenbogen **26**, welcher in einem Unstetigkeitspunkt **28** (Knick) vom Abschnitt **24** ausgeht und im Lau-

fe der Zeit asymptotisch in einen horizontalen Abschnitt **30** übergeht, welcher einem Verschiebungsweg s_1 entspricht. Die gewünschte Eindringtiefe ist nun der Abstand zwischen den Abschnitten **24** und **28** und ist in **Fig. 3** mit δs bezeichnet.

Die erste Kraft F_1 kann auch unmittelbar nach dem Auftreffen des Sondenhalters **16** auf den Prüfkörper **10** auf die Sonde **12** aufgebracht werden, so daß der horizontale Abschnitt **24** sich dementsprechend im Idealfall zu einem Punkt verkürzt. Man erhält demnach einen in **Fig. 3** strichliert angedeuteten, schräg nach unten verlaufenden geraden Abschnitt **20'**, der im Punkt **28** unmittelbar in den gekrümmten Kurvenabschnitt **26** übergeht.

In beiden beschriebenen Fällen kann die Unstetigkeit im Punkt **28** (Richtungsumkehr der Relativverschiebung) dazu benutzt werden, selbsttätig den Eindringtiefen-Nullpunkt s_0 zu ermitteln. Hierzu ist eine in **Fig. 1** als Block **34** dargestellte Einrichtung zur Ermittlung des Zeitverlaufs der Relativbewegung $s(t)$ über eine strichliert angedeutete Leitung **36** mit dem Wegmeßsystem **18** verbunden. Mit der Einrichtung **34** wiederum ist eine Einrichtung **38** zur Ermittlung des Zeitpunkts t_0 der Bewegungsrichtungsumkehr (Punkt **28**) verbunden. Letztere gibt bei Vorzeichenwechsel der Steigung der Kurve $s(t)$ an die Einrichtung **34** ein dem Zeitpunkt t_0 entsprechendes Signal ab, woraufhin die Einrichtung **34** den Funktionswert der Kurve $s(t)$ zum Zeitpunkt t_0 als Eindringtiefen-Nullpunkt s_0 definiert und abspeichert. Die Einrichtung **34** stellt ferner den sich nach Aufbringen der ersten Prüfkraft nach ausreichend langer Zeit einstellenden Wert s_1 fest; die Differenz δs beider Werte ist die gewünschte Eindringtiefe, die — ggf. nach Umrechnung auf Eindruckflächendimensionen — zusammen mit der ersten Prüfkraft (Quotientenbildung) die gesuchte Härte ergibt.

In den **Fig. 4** und **5** ist eine alternative Vorgehensweise bei der Härtemessung dargestellt. Es wird nunmehr der Zeitverlauf der Absenkgeschwindigkeit $v(t)$ zusätzlich zum Zeitverlauf des Verschiebungswegs s ermittelt. Dies ist in **Fig. 1** mit einem strichliert angedeuteten Block **42** angedeutet. Bei bereits auf den Prüfkörper **10** abgesenktem Sondenhalter **16** wird die bereits mit der ersten Kraft F_1 belastete Sonde auf den Prüfkörper **10** abgesenkt, wobei sich aufgrund einer üblichen Reibungsbremse angenähert konstante Absenkgeschwindigkeit v_1 bis zum Erreichen des Prüfkörpers **10** ergibt. In **Fig. 4** erkennt man einen entsprechenden horizontalen Abschnitt **44** der Kurve $v(t)$. Sobald nun die Sonde **12** auf den Prüfkörper **10** auftrifft, ergibt sich zum Auftreffzeitpunkt t_0 eine abrupte Bewegungsgeschwindigkeitsänderung (Unstetigkeitspunkt **46**). Die Absenkgeschwindigkeit v sinkt weiterhin ab, um dann auf Null abzufallen (Abschnitt **47**). Der Unstetigkeitspunkt **46** mit zugehörigem Zeitpunkt t_0 (1. Zeitpunkt) wird mittels einer als strichliert Block **48** in **Fig. 1** angedeuteten Einrichtung ermittelt. Durch Differentiation der Kurve $v(t)$ nach der Zeit läßt sich die Unstetigkeitsstelle (Punkt **46**) besonders exakt feststellen.

Dieser Zeitpunkt t_0 wird von der Einrichtung **38** der Einrichtung **42** übermittelt, die auch den Zeitverlauf des Verschiebewegs $s(t)$ laufend feststellt und den dem Zeitpunkt t_0 zugeordneten Wert s_0 als Eindringtiefen-Nullpunkt definiert und abspeichert. Dementsprechend stellt die Einrichtung **42** auch den nach Aufbringen der ersten Prüfkraft sich ergebenden Wert s_1 des Verschiebewegs fest; die Differenz δs ist die gesuchte Eindringtiefe. Vergleichsmessungen haben gezeigt, daß der Zeit-

punkt t_0 und damit der Eindringtiefen-Nullpunkt s_0 , wie dieser nach dem eben beschriebenen Verfahren (Fig. 4 und 5) ermittelt wurde, im Rahmen der geforderten Meßgenauigkeit mit dem Zeitpunkt t_0 bzw. dem Eindringtiefen-Nullpunkt s_0 gemäß dem anhand von Fig. 3 beschriebenen Verfahren übereinstimmt. Falls erforderlich, können für das Verfahren gemäß Fig. 4 und 5 mit Hilfe des Verfahrens gemäß Fig. 3 Normierungsmessungen durchgeführt werden.

Patentansprüche

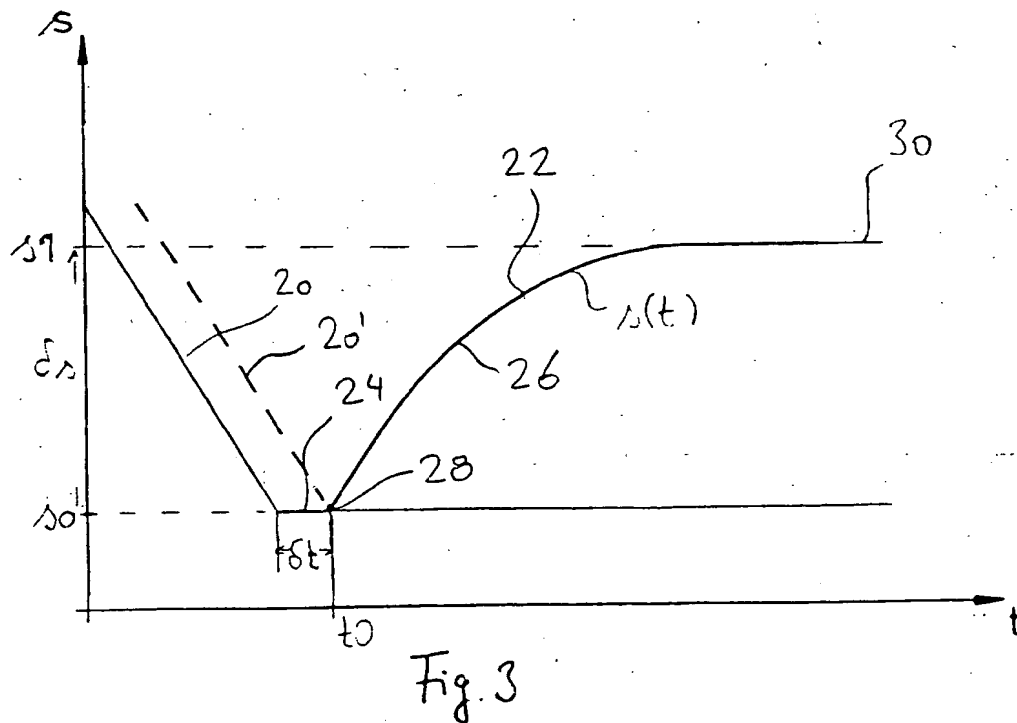
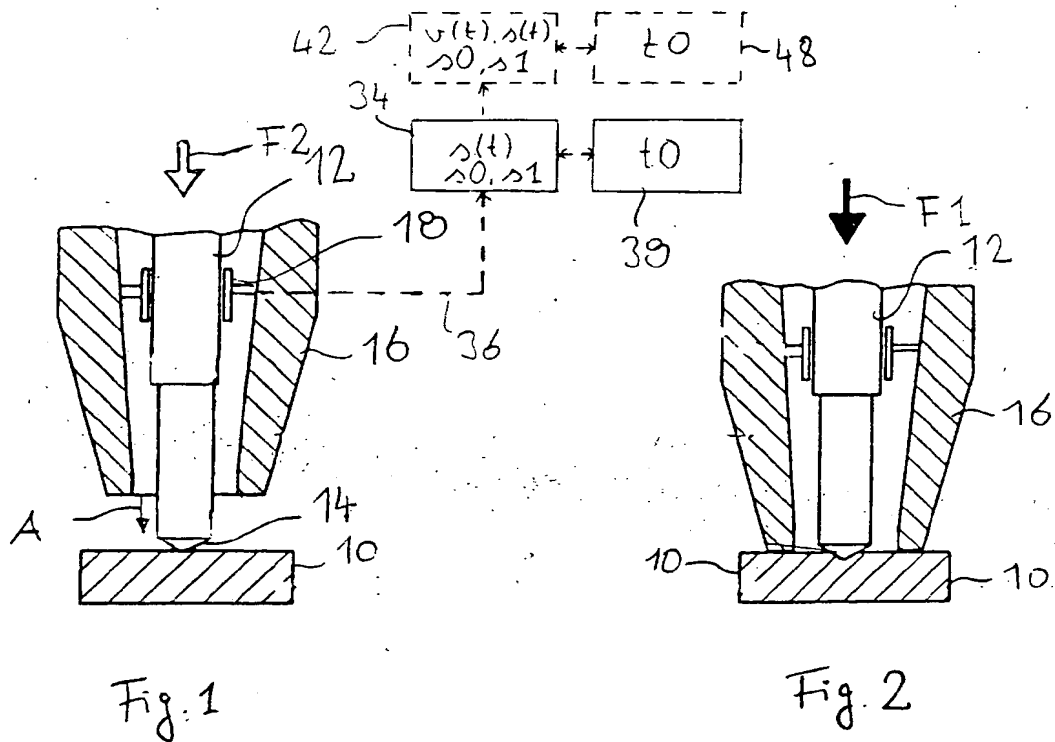
1. Verfahren zur Prüfung der Härte eines Prüfkörpers, wobei man einen harten Sondenkopf vorgegebener Form mit einer innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs mit einer Soll-Prüfkraft übereinstimmenden ersten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt und die sich ergebende Eindringtiefe ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, daß man den Sondenkopf zuerst mit einer kleinen zweiten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt, die kleiner als die halbe Breite des Toleranzbereichs der Soll-Prüfkraft ist, daß man anschließend den Sondenkopf mit der ersten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt und die sich aufgrund der ersten Prüfkraft ergebende Eindringtiefe mißt, wobei man für diese Messung die unter der zweiten Prüfkraft vom Sondenkopf erreichte Eindringtiefe in den Prüfkörper als Eindringtiefen-Nullpunkt festlegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Prüfkraft maximal 80% der halben Breite des Toleranzbereichs beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man die mit der ersten Prüfkraft belastete Sonde mittels einer abgebremsten Absenkeinrichtung auf den Prüfkörper absenkt, daß man den Zeitverlauf der Bewegungsgeschwindigkeit der Sonde ermittelt und dabei den Zeitpunkt (1. Zeitpunkt) abrupter Bewegungsgeschwindigkeitsänderung beim Auftreffen des Sondenkopfs auf den Prüfkörper feststellt, und daß man für die Messung der Eindringtiefe als Eindringtiefen-Nullpunkt diejenige Position des Sondenkopfs festlegt, die dieser zum ersten Zeitpunkt einnimmt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man bei Einsatz eines zwischen einer Anhebe- und einer Absenkposition mit Auflage auf dem Prüfkörper beweglichen Sondenhalters, in welchem die Sonde beweglich gelagert ist, und welcher mit einer Meßeinrichtung zur Messung der Relativbewegung zwischen Sondenhalter und Sonde ausgebildet ist, die Sonde bei abgehobenem Sondenhalter mit der kleinen zweiten Prüfkraft gegen den Prüfkörper drückt, dann den Sondenhalter in dessen Absenkposition bewegt mit anschließender Belastung der Sonde mit der ersten Prüfkraft, daß man den Zeitverlauf der Relativbewegungsrichtung ermittelt und dabei den Zeitpunkt (2. Zeitpunkt) der Bewegungsrichtungsumkehr beim Aufbringen der ersten Prüfkraft feststellt, und daß man für die Eindringtiefmessung als Eindringtiefen-Nullpunkt diejenige Position des Sondenkopfs festlegt, die dieser zum zweiten Zeitpunkt einnimmt.
5. Vorrichtung zur Prüfung der Härte eines Prüfkörpers (10) mit einer Sonde (12) mit hartem Sondenkopf (14) vorgegebener Form, einer Belastungseinrichtung zum Aufbringen einer innerhalb

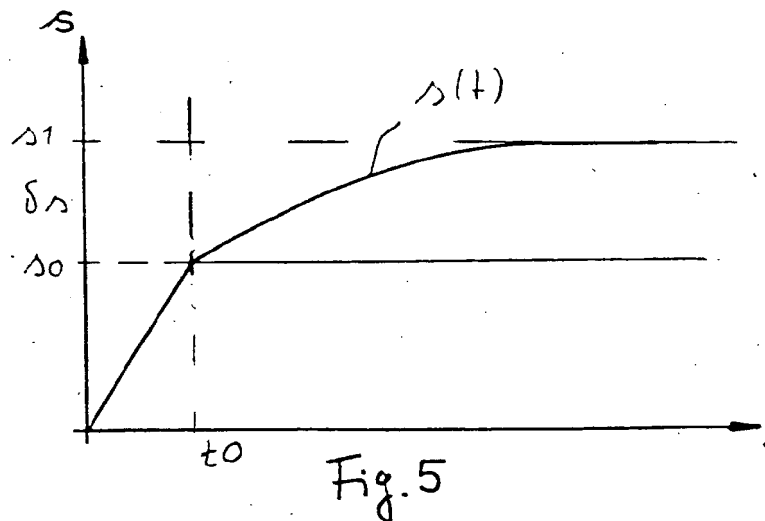
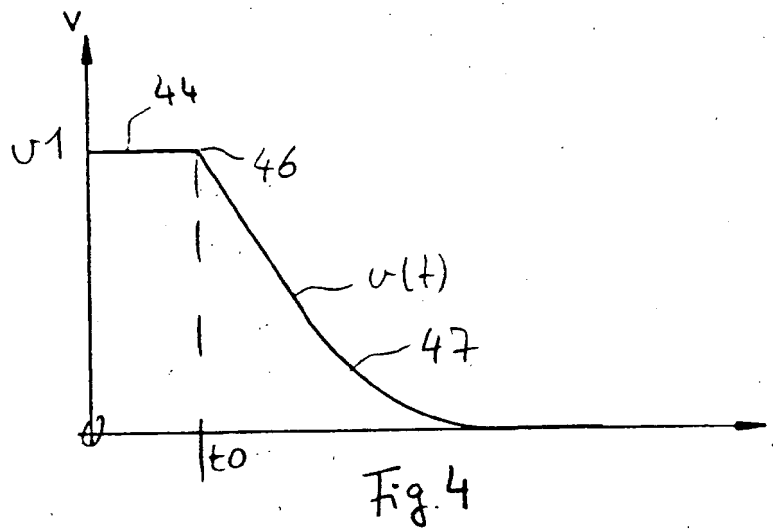
eines vorgegebenen Toleranzbereichs mit einer Soll-Prüfkraft übereinstimmenden ersten Prüfkraft (F_1) auf die Sonde (12) und mit einer Meßeinrichtung (18) für die Eindringtiefe des belasteten Sondenkopfs (14) in den Prüfkörper (10), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Belastungseinrichtung zum Aufbringen einer zweiten kleinen Prüfkraft (F_2) auf die Sonde (12) ausgebildet ist, die kleiner ist als die halbe Breite des Toleranzbereichs der ersten Prüfkraft (F_1).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine abgebremste Absenkeinrichtung für die mit der ersten Prüfkraft (F_1) belastete Sonde (12), eine Einrichtung (42) zur Ermittlung des Zeitverlaufs der Absenkgeschwindigkeit ($v(t)$), sowie eine Einrichtung (48) zur Ermittlung des Zeitpunkts (t_0) einer abrupten Bewegungsgeschwindigkeitsänderung beim Auftreffen des Sondenkopfs (14) auf den Prüfkörper (10).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch einen zwischen einer Anhebe- und einer Absenkposition mit Auflage auf dem Prüfkörper (10) beweglichen Sondenhalter (16), in welchem die Sonde (12) beweglich gelagert ist, eine Meßeinrichtung (18) zur Messung der Relativbewegung ($s(t)$) zwischen Sondenhalter (16) und Sonde (12), eine Einrichtung (34) zur Ermittlung des Zeitverlaufs der Relativbewegung ($s(t)$), sowie eine Einrichtung (38) zur Ermittlung des Zeitpunkts (t_0) einer Bewegungsrichtungsumkehr beim Aufbringen der ersten Prüfkraft (F_1) auf die Sonde (12).

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen





BEST AVAILABLE COPY

008 012/116